

## Alimento alternativo a partir de lombriz *Eisenia foetida* generada en esquema productivo de RSO mediante lombricompostaje

**Irma Angélica García González**

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

[igarcia53@hotmail.com](mailto:igarcia53@hotmail.com)

**Regina María Medina Sauza**

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

[r\\_medina30@yahoo.com.mx](mailto:r_medina30@yahoo.com.mx)

### Resumen

Una forma de utilización de sustrato orgánico (homogéneo o heterogéneo), es mediante el lombricompostaje, esta biotécnica basada en la reproducción de lombrices *Eisenia foetida*, permite incrementar la biomasa sólida, creando a partir de ésta, productos alimenticios con nutrientes que normalmente no son consumidos, así como nuevos productos de uso farmacéutico

Entre los productos alimenticios que pueden producirse se encuentra una fórmula elaborada a partir de harina de lombriz (*Esenia foetida*), composteadora de residuos sólidos orgánicos del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa con el que se ha sometido a engorda pollo *Cornis* para evaluar el efecto que tiene en su factor de crecimiento

La biomasa de lombrices, para la elaboración de harina, fue analizada, bromatológicamente, fisicoquímicamente, toxicológicamente y microbiológicamente. De los resultados arrojados por los análisis fisicoquímicos y toxicológicos realizados a la harina de lombriz, se encontró a ésta entre los límites permisibles establecidos por las normas nacionales e internacionales vigentes. El análisis microbiológico garantiza inocuidad alimentaria, debido a que no presenta microorganismos patógenos (ausencia de *Escherichia coli sp.*, *Salmonella sp.* y *Clostridium sp.*). Con estos resultados se concluye que se obtuvo un producto inocuo y con las características pertinentes para su consumo; a partir de esta harina se elaboró un alimento para proporcionarlo a la población experimental de pollo *Cornis*.

Primeramente se acondicionó adecuadamente el área experimental (tres gallineros experimentales y un gallinero testigo), en donde se colocaron los especímenes de estudio durante 40 días; en los últimos 10 días, se realizó un análisis estadístico de varianza con un  $\alpha=0.05$ , y se determinó si existe diferencia significativa de peso y altura de la población experimental, al ser comparada con la población testigo.

En el día 41 fueron sacrificados los especímenes de estudio y a las partes comestibles (pechuga y muslo) se les realizó análisis bromatológico y toxicológico. El análisis toxicológico determina, que la presencia de metales es muy inferior al límite máximo permisible en la normativa establecida.

Resulta prometedor que los residuos generados por la población se reintegren en un alimento de calidad para el crecimiento y engorda de animales comestibles.

**Palabras clave/Keywords** Residuo sólido orgánico, harina de lombriz, alimento alternativo.

## Introducción

Actualmente la conciencia ciudadana en torno a la problemática ambiental en México se encuentra en fase de crecimiento, y esto ha originado que las leyes incluyan una diversidad de estrategias para disminuir el impacto de las actividades humanas sobre el entorno natural. Específicamente, la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), considera como un elemento importante la elaboración de composta. Este proceso puede incidir en dos aspectos, el primero relacionado con el reciclaje, y el segundo, con el mejoramiento de los suelos. Sin embargo, el conocimiento del proceso no ha sido ampliamente difundido entre los miembros de las administraciones públicas municipales, quienes tienen a la vez mayores oportunidades de fomentar el desarrollo del compostaje de RSU dadas las características legales y administrativas en este país (75).

Sin embargo la gestión de los residuos sólidos ha alcanzado en muchos países un alto rango de importancia, respondiendo a los llamados internacionales por alcanzar la sustentabilidad del medio ambiente y proteger la salud pública, desde el enfoque de la economía de los recursos naturales.

En México el consumo elevado de productos naturales y procesados en la población actual, genera una gran cantidad de RSU de los cuales, aproximadamente el 50%, son residuos sólidos orgánicos (RSO). Por las características químicas de los RSO, éstos pueden biotransformarse en materia orgánica, agua y CO<sub>2</sub>, lo cual permite su disminución en volumen y el aprovechamiento del abono generado en diferentes aplicaciones. Para la bioconversión se pueden utilizar lombrices composteadoras; ya que el aparato digestivo de las lombrices es un reactor que provee un ambiente propio para que los microorganismos jueguen un papel importante en la descomposición de residuos. Las lombrices derivan su nutrición de la materia orgánica en la forma de materia vegetal, y sus evacuaciones son ricas

en nutrientes vegetales lo que constituye el abono generado y la obtención de una gran cantidad de biomasa (lombrices), que pueden ser utilizadas en diferentes aplicaciones (76).

Una aplicación de dichas lombrices es la generación de alimento, varios autores sugieren su utilización incluso para consumo humano (30,31), dado el paradigma que esto puede representar se ha sugerido el uso de la lombriz composteadora para crecimiento de especies de engorda, debido al alto porcentaje de proteína (60–80%) (79). Debido a que los RSO tienen una composición heterogénea y éstos son metabolizados por el tracto digestivo de la lombriz, es importante el análisis de la absorción de compuestos, toda vez que la especie de engorda consume el alimento generado a partir de las lombrices (39, 84).

Presentando los resultados del estudio del impacto en el crecimiento de pollos *Cornish* a través de la alimentación con lombriz *Eisenia foetida*, cosechada a partir del lombricompostaje de RSO provenientes del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, realizando los análisis pertinentes bromatológico, toxicológico, fisicoquímico y microbiológico de la materia prima (harina de lombriz) y bromatológico y toxicológico a producto terminado (pechugas y muslos de pollos *Cornish*).

Al desarrollar la experimentación, se propone el análisis de la utilización del proceso de lombricopostaje, como una alternativa para la utilización del subproducto generado: lombrices, y por lo consiguiente la harina de éstas, en la alimentación de especies de engorda, mismas que puedan ser utilizadas para consumo humano, y con ello crear una opción de alimentación alternativa, que pueda contribuir a la disminución en cierta medida de la crisis alimentaria, que predomina actualmente en el mundo.

## Contenido

### MATERIALES Y MÉTODOS

**A) Materiales:** Se realizan en dos etapas el proceso, para la etapa inicial que abarca del día uno al siete, se le proporciona a los especímenes de estudio multivitamínico VITAFOR-A en proporción de 0.625 gr por litro distribuido en los bebederos y alimento iniciador para cada pollo en el espacio asignado en el área experimental (gallinero). El gallinero ó corral de 2.5 m x 1.5 m, fabricado con estructura metálica con espacios de asignamiento de 0.50 m x 1.5 m para dos especímenes iniciales todo cubierto con malla de 3 x 3 cm. En la segunda etapa, se proporciona alimento de crecimiento y la formulación alimentaria elaborada a partir de harina de lombriz adicionada con harina de soya. Para generar la harina de lombriz se extrae de las camas de lombricompostaje a través de la técnica para el incremento de cosecha utilizando geonet (citar artículo publicado), al obtener la lombriz *Eisenia foetida*, para transformarla se utilizan coladeras y agua potable para la limpieza exterior, harina de trigo disuelta en agua para la limpieza interna, el secado del espécimen se realiza mediante parrilla eléctrica a temperatura 70 – 85 °C, pulverizándola en mortero, a esta se le adiciona 14.74 % harina de soya por cada 3 gr.

**B) Método:** Como la propuesta del alimento se genera a partir del procesamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, se requiere para la misma el desarrollo de cuatro métodos; engorda-cosecha de lombriz, la elaboración de harina, el acondicionamiento del área experimental y la engorda de especímenes. El procesamiento de los RSO's del ITSX, proporciona el alimento para las camas de lombricomposta, éste es recolectado y picado, una vez que las camas han sido acondicionadas con los especímenes, para la engorda se debe proporcionar los residuos picados adecuadamente en capas de 5 a 10 cm de espesor sobre las camas, esto se debe repetir durante dos o tres meses generando la procreación y engorda de lombrices, durante este proceso se deben vigilar la humedad, temperatura y oxigenación de la biomasa, manteniendo la biodegradación estable y en proceso. Para la cosecha; tanto del humus como

de las lombrices, se debe suspender el alimento a las lombrices por un periodo de 7 días, posteriormente en la superficie de las camas tender la malla geonet, cubriendo toda la superficie aplicando alimento por un periodo de tres a cuatro días cuando las lombrices suban a comer (lo cual se aprecia visualmente) se retira la malla y con ella las lombrices, para extraer aproximadamente el 90%. Debe hacerse dos veces más, para sustraer el 98% de la población. El humus se cosecha cuando a ellas se les ha suspendido el alimento y se van al fondo. Como el proceso se realiza con seres biológicos, todo interviene dentro de su desarrollo, si se estabiliza ó controla las variables se desarrolla un mejor producto, logrando un población mayor de especímenes. Siendo las variables más relevantes dentro del desarrollo: la humedad y la temperatura (2,3). La variaciones en la humedad afectan la reproducción de los especímenes, está debe permanecer a 70% y la mínima a 40%, en cambio la temperatura debido a los cambios climáticos extremos es más sensible y en sistemas abiertos es poco controlable (40,41). A partir de la extracción de lombrices se genera la preparación de las mismas para obtener la harina, inicia con la limpieza exterior, posteriormente se depositan en la solución de harina de trigo con agua; 1 Kg. x 375 ml para un kilo de especímenes durante 24 hrs., se lavan nueve veces y colocadas sobre un comal se secan a temperatura de 70 – 85 °C, para pulverizarlas en un mortero (2).

### **C) Metodología propuesta para formulaciones con harina de lombriz *Eisenia foetida*.**

Para la elaboración de la formulación, se tomó como referencia el porcentaje proteico, de la harina de lombriz, el alimento de crecimiento y la harina de soya; sumando entre éstos el cien por ciento de proteínas en la formulación. Se utilizaron los materiales existentes en el área experimental de la Subdirección de Investigación de Posgrado del Instituto Tecnológico Superior de Xalapa.

Calcular las fracciones alimentarias, para la elaboración de harina de lombriz.

El porcentaje de proteína del alimento de crecimiento es de 18.5%; pesar 400 gramos de Alimento de crecimiento.

Teniendo como referencia que el porcentaje de proteína de la harina de soya es de 33%; pesar 69.7 gramos de harina de soya.

Teniendo como referencia que el porcentaje de proteína de la harina de lombriz es de 80%; pesar 3.125 gramos de harina de lombriz.

Mezclar en un recipiente las porciones medidas con anterioridad.

#### **D) Metodología propuesta de engorda**

El siguiente procedimiento es dividido en dos partes para la población testigo y en tres partes para la población experimental. Para la población testigo, la primera etapa es la engorda de especímenes de estudio con alimento iniciador, éste fue proporcionado del día uno al día siete de experimentación; la segunda etapa es la engorda de pollos con alimento de crecimiento del día ocho al día cuarenta. Estas dos etapas se realizaron para la población experimental, solo que la segunda etapa se dividió de la siguiente manera: del día siete al día treinta se les proporcionó alimento de crecimiento, y se modificó su alimentación del día treinta y uno al día cuarenta, adicionando la formulación alimentaria elaborada a partir de harina de lombriz adicionada con harina de soya.

Una vez acondicionada el área experimental, recolectada la lombriz y la elaboración el alimento, se procede a probar éste, en los especímenes de estudio, utilizando el material antes mencionado.

Primera etapa día del uno al siete:

Limpiar espacios de gallinero asignado a cada pollo.

Medir temperatura de gallinero y registrar en bitácora.

Pesar cada pollo y registrar peso en bitácora.

Medir con ayuda de un vernier la altura y la longitud de las alas de cada pollo, registrándolo en la bitácora.

Pesar 0.625 gr por cada litro de agua, de multivitamínico VITAFORT-A añadiéndolo a los bebederos, colocarlos en los espacios asignados en el gallinero para cada pollo.

*Nota: estos cinco puntos iniciales, deberán ejecutarse continuamente durante todo el experimento.*

Pesar el alimento iniciador requerido, agregándolo a los comederos en cada espacio asignado al pollo, en el gallinero.

Proporcionar alimento iniciador del día 1 al 7 a los especímenes de estudio.

Segunda etapa del día ocho al cuarente:

Limpiar espacios, medir la temperatura, pesar y tomar las dimensiones; longitud y altura de cada pollo en el gallinero registrándolo.

Pesar 0.625 gr por cada litro de agua, de multivitamínico VITAFORT-A añadiéndolo a los bebederos, colocarlos en los espacios asignados en el gallinero para cada pollo.



Pesar el alimento de crecimiento requerido, agregando a los comederos para cada pollo y colocarlos en los espacios asignados en el gallinero.

Cumplido los 40 días de experimento, sacrificar a especímenes de estudio (población testigo).

Realizar análisis estadístico, fisicoquímico y microbiológico de especímenes de estudio. (Población testigo).

Tercera etapa del día treinta y uno al cuarenta

**Nota: Sólo para la población experimental**

Limpiar espacios, medir la temperatura, pesar y tomar las dimensiones; longitud y altura de cada pollo en el gallinero registrando los espacios de gallinero asignado a cada pollo.

Pesar 0.625 gr por cada litro de agua, de multivitamínico VITAFORT-A añadiéndolo a los bebederos, colocarlos en los espacios asignados en el gallinero para cada pollo.

Pesar el alimento de crecimiento requerido, agregándolo a los comederos, colocándolo en los espacios asignados a los gallineros para cada pollo. Proporcionándolo del día 7 al día 30.

Proporcionar formulación de harina de lombriz del día 31 al 40 de experimento.

Cumpliendo los 40 días de experimento, sacrificar a especímenes de estudio (población experimento).

Realizar análisis estadístico, fisicoquímico y microbiológico de especímenes de estudio (población experimento).

## Resultados y Discusión

Una vez cosechada la lombriz *Eisenia foetida*, y realizada la harina se obtuvo como resultado un producto alimentario, el cual fue analizado en tres aspectos: parámetros fisicoquímicos, toxicológicos y microbiológicos; se sabe que la composición química de las lombrices depende directamente del sustrato del que se alimentan, y el manejo que se les da durante el proceso de lombricompostaje (39,2). El análisis realizado con fines de inocuidad, para corroborar que el contenido que poseen las lombrices en relación de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, así como el alto contenido proteico, logra cubrir los requerimientos de la dieta humana (71), aun cuando presente pequeñas variaciones. En la Tabla 1, se presentan los resultados fisicoquímicos obtenidos de la harina de lombriz.

Se observa particularmente en los resultados arrojados del análisis fisicoquímico de la harina de lombriz, que el pH mostró una tendencia ligeramente ácida 5.6 (tabla 1). Este rango coincide con la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 que estima un valor desde 5.5 hasta 8.5. La lombriz en su hábitat requiere de un pH adecuado para mejorar sus actividades que van de 6.8 a 7.8 (43). El cambio del pH durante el proceso permite llevar a cabo la descomposición microbiana y relacionarlo con la mineralización del Nitrógeno (N) y Fósforo (P) en nitrito/nitrato y ortofosfato, así como la conversión del material orgánico en especies intermedias de los ácidos orgánicos (80). Cuando se incrementa el pH durante el proceso de vermicomposteo se presenta una degradación de los ácidos orgánicos y un incremento de la actividad microbiana (73,20,21).

Tabla 1. Análisis Físicoquímico comparado con la norma NMX-FF-109-SCFI-2007.

<b>Análisis Físicoquímicos harina de lombriz.</b>		
	<b>NMX-FF-109-SCFI-2007</b>	<b>**Harina de lombriz</b>
<b>pH</b> Potenciómetro H <sub>2</sub> O 1:5	<b>5.5 – 8.5</b>	5.6
<b>Conductividad Eléctrica (mS/cm)</b> Conductivímetro H <sub>2</sub> O 1:5 ms/cm	<b>≤ 4</b>	3.63
<b>Materia Orgánica (%)</b> MO=(%C) (1.724)	<b>20 -50</b>	86.89
<b>Cenizas (%)</b> 550 C° x 2hr	-	62
<b>Carbono (%)</b> Analizador Truspec %CN	-	50.4
<b>Nitrógeno (%)</b> Analizador Truspec %CN	<b>1.0 – 4.0</b>	11.01
<b>Relación C/N (%)</b> Analizador Truspec %CN	<b>≤ 20</b>	5
<b>N – NO<sub>3</sub></b> N inorgánico extraíble con KCl 2N	-	No detectable
<b>N – NH<sub>4</sub></b> N inorgánico extraíble con KCl 2N	-	No detectable
<b>Fosforo total (cmol/ kg)</b> Espectrofotómetro	-	24

Se obtuvo un valor de 3.63 en la conductividad eléctrica, los valores expresados por diversos autores coinciden con el resultado de esta investigación, ya que reportan valores por debajo de 4, (4,5,6, 12,13, 26). La CE es un indicador de estabilidad del producto formando y permite llevar cabo la función de la lombriz y microorganismos presentes. Autores como Capistran *et al.*, (15) mencionan que la CE es un parámetro que tiene un papel importante en el desempeño de la lombriz y microorganismos para la elaboración de vermicomposta.

El valor de Materia Orgánica (MO) obtenido es de 86.89. La materia orgánica es parte fundamental del proceso de vermicomposteo ya que es el alimento de las lombrices. La Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007, estima un valor entre 20% y 50% de MO en base seca. Castillo *et al.*, (16) reporta mayor contenido de MO en tratamientos que contienen estiércol bovino (29.72%) en comparación a los de residuos vegetales (23.03%). Delgado *et al.*, (20,21) también reportó mayor cantidad de MO en tratamiento que contenía estiércol equino (44.9%) que el que contenía lodo residual (Lodo Residual, 37.5%).

Los valores obtenidos de Carbono (C) y Nitrógeno (N) fueron, de 50.4 y 11.0, estos elementos básicos deben de estar en dosis adecuadas (62), para que se pueda llevar a cabo el proceso. Si se tiene demasiado C se hace lento y si existe mayor contenido de N origina malos olores produciendo una mezcla viscosa (70). Debe existir una relación óptima entre éstos elementos; el valor la relación C/N en la harina de lombriz es de 5, esta relación puede indicar los requerimientos nutrimentales de los microorganismos.

El carbono proporciona la energía necesaria por las bacterias y hongos, es el principal integrante de la paja, es muy abundante en el estiércol, en madera, papel y cualquier material celulolítico. El nitrógeno conforma las proteínas necesarias en las funciones vitales y reproducción de los organismos, se encuentra en el estiércol fresco y material verde (42). Soto y Muñoz, (78) señalan que los valores óptimos de una vermicomposta estable, se encuentra entre 20:1 y 30:1 de C/N.

La Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 (tabla 1) permite establecer estándares oficiales de una vermicomposta estable o madura para su uso agrícola a nivel nacional cuando se tienen valores menores a 20. El valor de C/N en la muestra de harina de lombriz está dentro de los valores que menciona la norma.

La norma NMX-FF-109-SCFI-2007, no establece estándares para los  $N-NO_3$  y el  $N-NH_4$ , (tabla 1) aun así cabe determinar que no fueron detectables en la harina de lombriz, lo cual permite establecer la anulación de una posible contaminación.

El valor de fósforo total presente en la harina de lombriz es de 24 (tabla 1). El fósforo disponible en el suelo se encuentra en forma de iones fosfóricos, en la planta se encuentra en estado mineral, formando complejos orgánicos fosforados con lípidos, prótidos y glúcidos. El P interviene en la mayor parte de las reacciones bioquímicas como son: respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas, actividad de las diastasas.

Durante el proceso de vermicomposteo el P disponible se incrementa al termino del proceso (81,83), %). Así mismo, pudo atribuirse a la mineralización y movilización del P, debido a la actividad bacteriana y fecal de la lombriz (17). Castillo *et al.*, (16) reporta que tratamientos con residuos domésticos presentaron menor cantidad de P (0.027%) que los tratamientos de estiércol (0.032%). Esto concuerda con lo descrito por Loh *et al.*, (53) donde las concentraciones de P que contenían estiércol de bovino y caprino fueron (0.65%), (0.56%).

En la tabla 2, se muestran los valores del análisis toxicológico, realizado a la harina de lombriz, en él se determinó la cantidad de metales presentes en la mencionada harina, por ser un subproducto de la lombriz *Eisenia foetida*, ésta los adquiere a través de residuos orgánicos, al ser alimentadas, o mediante los sustratos que se ocupan para el vermicompostaje (40). Los cationes retenidos en el suelo pueden ser reemplazados por

otros, es decir, son intercambiables. El número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener se denomina capacidad de intercambio catiónico (CIC), (58).

Tabla 2. Análisis Toxicológico de harina de lombriz

Valores de metales intercambiables y totales de harina de lombriz		
Intercambiables cmol/kg	Totales (%)	Totales cmol/kg
Na 10.54	Na 0.77	Mn 20.50
K 11.38	K 0.70	Cu 13.75
Ca 5.65	Ca 0.42	Zn 164
Mg 4.15	Mg 0.08	Pb 6
CIC 4.44	Fe 0.12	Cr 2.5
		Ni 3.25

CIC: capacidad de intercambio catiónico. Análisis Toxicológico realizado por el laboratorio del Instituto de Ecología A.C.

La CIC indica el grado de madurez y la presencia de grupos radicales carboxílicos y fenólicos (86), que mejora el enriquecimiento de la fracción húmica, que se logra a medida que se incrementa la madurez de la composta y la estabilidad de la materia orgánica (77). La composta a diferencia de un componente mineral del suelo, poseen una alta capacidad de adsorción de cationes y de capacidad de intercambio con otros iones, encontrando una CIC del humus de 150 meq/100g, mientras que se incrementa el proceso de humificación y madurez de la vermicomposta la CIC se acerca a 400 cmol kg<sup>-1</sup> (57). El valor de CIC arrojado por el análisis es de 4.44, comparando con la norma NMX-FF-109-SCFI-2007, que establece

un parámetro de  $> 40$  ( $\text{cmol kg}^{-1}$ ), se puede determinar que la harina de lombriz está por debajo que la norma indica, debido a bajo intercambio catiónico.

Existen cationes intercambiables que proceden de la meteorización del material originario, de la mineralización de la materia orgánica y de aportes externos superficiales y subterráneos (65), como los que se observan en la tabla 2, entre estos se tiene el sodio (Na), el potasio (K), el calcio (Ca), y el magnesio (Mg).

El análisis arrojó un valor de sodio de 0.77% (tabla 2). Delgado *et al.* (20,21) realizaron un estudio de vermicomposteo en donde encontraron valores de 0.16% y 0.1% de Na en tratamientos que contenían lodo y estiércol equino respectivamente. Este valor concuerda con lo citado por Harstein-Ise (46,48) quien reporta un 0.2% de Na.

El potasio tiene un valor de 0.70%; Suthar (82) menciona que durante el proceso de vermicomposteo utilizando diferentes dosis de lodo y residuo de la industria azucarera, encontró que el contenido de K al término del proceso decreció debido a pérdida o lixiviación. Castillo *et al.*, (16) reporta la mayor cantidad de K en tratamientos que contiene 75% residuos vegetales y 25% estiércol bovino siendo de 0.77% mientras que el tratamiento que contiene menor cantidad fue el de 100% estiércol bovino con 0.11%. Así mismo, Atiyeh (4) reportó un valor similar (0.40%) para el tratamiento de estiércol porcino. Estos valores concuerdan con lo citado por Harstein-Ise (46,48) quien da un rango de 1-1.25% para los valores de K.

El calcio tiene un valor de 0.42%, Atiyeh *et al.*, (5,6) mencionaron valores de 8.60% para Ca en el tratamiento realizado con estiércol porcino. Este valor concuerda con lo citado por Harstein-Ise (46,48) quien da un rango de 2 a 8% para los valores de Ca. Estudios de Suthar (82,83) indican que el Ca y Mg durante el proceso de vermicomposteo se incrementan de 1.9% a 10.9% para Ca y de 10.9% a 13.9%, lo que hacen a estos dos cationes disponibles para

la planta, con lo que se puede determinar que la harina de lombriz tuvo un bajo intercambio catiónico de calcio.

El magnesio arrojó un valor de 0.08. El magnesio es un elemento muy abundante en la corteza terrestre, su contenido es aproximadamente de 2.3%. Delgado *et al.* (20,21) realizaron estudios de vermicomposteo reportando valores de Mg en tratamientos que contenía estiércol y LR siendo de 9% y 1.6% respectivamente. Estos valores concuerdan con lo citado por Harstein-Ise (46,48) quien reporta un rango de 1.2 a 5% para Mg, determinando que hubo también un bajo intercambio catiónico del magnesio en la muestra analizada.

Tabla 3. Límites máximos permisibles de metales pesados establecidos por diferentes normas nacionales e internacionales.

METAL (ppm)	NOM-32	NOM-52	NOM-021	Canadá	Chile		Españ a	Harina de lombriz
					A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>		
Cd	0.01	1.0	--	1.4	2	8	10	--
Pb	6.0	5.0	35	70	100	300	300	6
Cu	0.2	--	--	--	100	1000	450	13.75
Zn	2.0	--	--	--	200	2000	1,100	164
Ni	0.2	5.0	50	--	20	80	120	3.25
Cr	0.1	5.0 <sup>3</sup>	--	64	120	600	400	2.5
Hg	--	0.2	--	6.6	1	4	7	--
Fe	5.0	--	--	--	--	--	--	0.12
Mn	0.2	--	--	--	--	--	--	20.50



NOM-CCA/032-ECOL/1993, límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para sudisposición mediante riego agrícola.

NOM-052-SEMARNAT-1993 Que establece las características de los residuos peligrosos por su toxicidad al ambiente

NOM-021-SEMARNAT-2000, Valores sugeridos de elementos tóxicos en el suelo según la tolerancia de los cultivos

Noch2880Of2004, Norma Chilena Oficial: Compost, requisitos y especificaciones.

BOE 131, 1998: Que establece los requisitos y especificaciones para el compost producido en España.

Canadian Environmental Quality Guidelines que establece los límites permisibles para suelos de uso agrícola. 1 calidad A, 2 Calidad B, 3 Cromo hexavalente,

Fuente: M.López, 2011.

Existen metales que actúan como macro y micro nutrientes, y que benefician al desarrollo de las lombrices, sin embargo entre ellos también están presentes los llamados metales pesados, los cuales a valores significativamente altos, pueden ser perjudiciales, al ser ingeridos por seres humanos o animales (58,60). Los valores arrojados por el análisis toxicológico se compararon con la tabla 3, donde se puede observar que los niveles permisibles varían de acuerdo a cada país, esto se debe a las diferencias en el clima, ecología y prácticas agrícolas en cada región, además que tiene que ser considerado el método analítico empleado. En el análisis se encontraron tres normas de referencias mexicanas, estableciendo las relaciones, similitudes y equivalencias entre los límites máximos permisibles de metales de la harina de lombriz. Al comparar los resultados de los metales analizados, se puede resaltar que la muestra de harina de lombriz, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos por las diferentes normas nacionales e internacionales.

Tabla 4. Análisis Microbiológico de muestra de harina de lombriz

<b>Análisis Microbiológico de harina de lombriz.</b>		
	<b>NMX-FF-109-SCFI-2007</b>	<b>**Harina de lombriz</b>
<b>Coliformes Totales</b> <b>NPM/g</b>	<b>S.R.</b>	No se detecta desarrollo
<b>Coliformes Fecales</b> <b>NPM/g</b>	<b>S.R.</b>	No se detecta desarrollo
<b>Bacterias mesófilas aerobias</b> <b>UCF/g</b>	<b>S.R.</b>	220
<b>Bacterias termófilas aerobias</b> <b>UCF/g</b>	<b>S.R.</b>	190
<b>Levaduras</b> <b>UCF/g</b>	<b>S.R.</b>	No se detecta desarrollo
<b><i>Escherichia coli sp.</i></b>	<b>≤ 1000</b>	Negativo
<b><i>Salmonella sp.</i></b>	<b>3</b>	Ausencia
<b><i>Clostridium sp.</i></b>	<b>S.R.</b>	No se detecta desarrollo

NMP/g = Número más probable UFC/g= Unidades formadoras de colonias \*\* Análisis Toxicológico realizado por el Laboratorio del Instituto de Ecología A.C.

Con respecto a el análisis microbiológico (tabla 4), los resultados se compararon con la norma NMX-FF-109-SCFI-2007, y es importante resaltar, que la muestra de harina de lombriz no cuenta con microorganismos patógenos, es decir, dio negativo a *Escherichia coli sp*, *Clostridium sp.* y *Salmonella sp.*, lo cual es de suma importancia, puesto que garantiza la inocuidad alimentaria, en la experimentación; ya que si presentaran resultados positivos, no hubiera sido factible el desarrollo de la engorda de los especímenes de estudio, y se habría

considerado la erradicación de la posible fuente de contaminación, para la continuidad de los estudios.

### DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño del experimento esta basado en dos etapas, los especímenes de experimentales y el testigo. En los primeros se segmento la aplicación de la formulación generada a pattir de harina de lombriz, observando al término del mismo, las dos poblaciones de aves de corral fueron engordadas satisfactoriamente, como se muestra en la figura 1.



Figura. 1 Especímenes de estudio a los 40 días de experimentación.

En las figuras 2, 3 y 4, se muestra gráficamente la ganancia de peso, altura y longitud de alas, respectivamente, que obtuvieron los especímenes de estudio, tanto la población experimental, como la población testigo en los 40 días de observación. Siendo el peso la diferencia más representativa entre las dos poblaciones evaluadas.

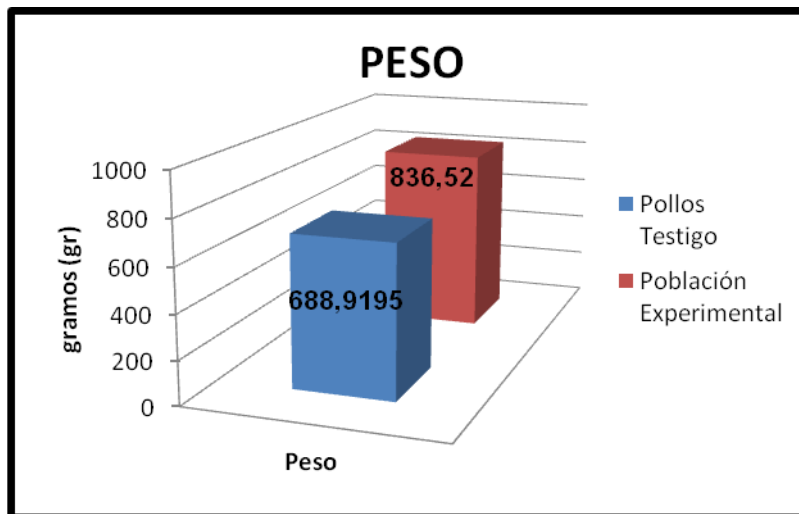


Figura 2 Media del peso, de Población Testigo y Población de Experimental, Peso de 40 días de Experimentación

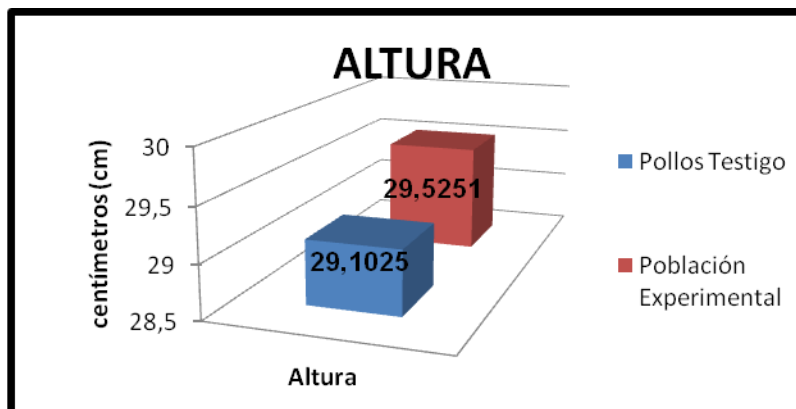


Figura 3 Media de la altura, de Población Testigo y Población de Experimental, de 40 días de Experimentación.

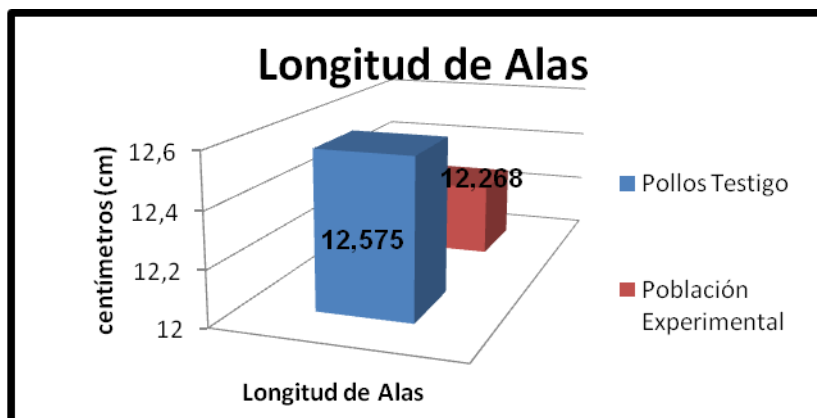


Figura 4 Media de longitud de alas de Población Testigo y Población de Experimental, de 40 días de Experimentación.

Mediante el análisis de varianza utilizando el software Minitab 15, se determino estadisticamente a los resultados obtenidos de peso, altura y longitud, si existe diferencia significativa entre la población experimental y la población testigo. Se plantearon dos hipótesis en cada caso (tabla 5), en relación con cada aspectos, iniciando con el peso:  $H_0 = \mu_1 = \mu_2$  los promedios de Peso en los pollos son iguales y  $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$  los promedios de Peso en los pollos no son iguales. Tomando en cuenta las tablas de Canavos, G. (1992), en esta comparación es de 5.32, teniendo que  $12.96 > 5.32$  con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , se determina que si existe diferencia en la medición entre las poblaciones.

Tabla 5. Análisis de Varianza del Peso de población experimental y población testigo.

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F <sub>0</sub>
Tratamientos	1	54468	54468	12.96
Error	8	33621	4203	
Total	9	88089		

S = 64.83    R-cuad. = 61.83%    R-cuad. (ajustado) = 57.06%

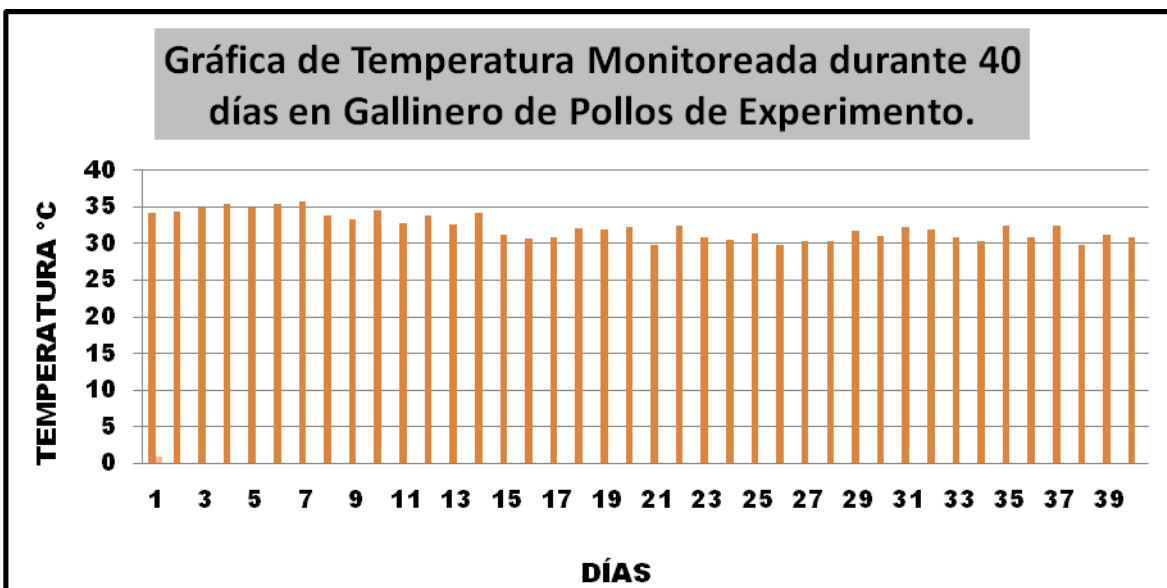
Nivel    N    Media    Desv.Est.    Desv.Est. agrupada = 64.83

1	5	836.52	84.75
2	5	688.92	34.97

Por lo tanto  $H_0$  para este caso es valida. El mismo proceso se realizo para los dos aspectos restantes. Determinando que no existe diferencia en la medida de altura entre la población testigo y la población experimental.

**TEMPERATURA MEDIDA DURANTE EL PROCESO**

Durante el experimento se establecio como factor de afectación la temperatura, de acuerdo a lo que menciona Barbado (7), los gallineros deben de estar a prueba de la intemperie para dar protección del medio ambiente (frío, lluvia, viento y sol fuerte), proporcionando calor, especialmente durante el empollamiento, observandose en la figura 5 la representación gráfica del monitoreo de temperatura, realizado al área experimental (gallinero), donde se colocaron los pollos tanto el testigo como los experimentales, determinando las condiciones adecuadas para el manejo de los pollos de crianza. Las temperaturas monitoreadas en el gallinero son: en la primera semana; 34°C – 36°C, en la segunda semana; 32°C - 34°C y de la tercera a la octava semana; 30°C - 32°C.



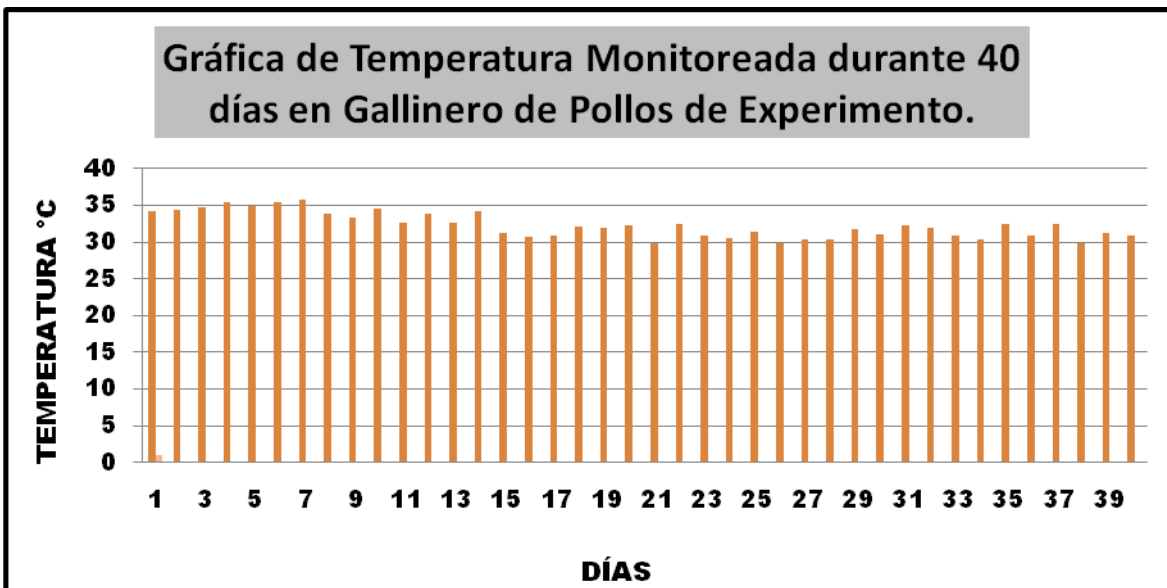


Figura 5. Resultado del monitoreo de temperatura en el área experimental.

### ANÁLISIS DE LOS ESPECÍMENES POST-MORTEM

A los 40 días de experimentación se sacrificaron los pollos, y se procedió a realizar análisis bromatológico y toxicológico, de la carne obtenida a partir de éstos. En la tabla 6, se muestra las medias, de los valores arrojados por los resultados del análisis bromatológico que se aplicaron a las muestras de pechuga de pollo de la población testigo y la población experimental.

Tabla 6. Tabla de resultados de Análisis bromatológico de pechugas de población testigo y población experimental

Población Testigo		Población Experimental		Pérez, 2007
<b>Humedad (%)</b>	74.600 ± 0.764	<b>Humedad (%)</b>	73.800 ± 0.764	66
<b>Cenizas (%)</b>	1.30 ± 0.632	<b>Cenizas (%)</b>	1.36 ± 0.632	1.0
<b>Proteínas (%)</b>	23.500 ± 0.755	<b>Proteínas (%)</b>	23.700 ± 0.755	19.10
<b>Grasas (%)</b>	0.1200 ± 0.7071	<b>Grasas (%)</b>	0.3400 ± 0.7071	1 - 2
<b>Carbohidratos (%)</b>	0.400 ± 0.2098	<b>Carbohidratos (%)</b>	0.8600 ± 0.2449	0.00
<b>Contenido energético (Kcal/100g)</b>	95.86 ± 3.26	<b>Contenido energético (Kcal/100g)</b>	101.82 ± 3.26	186

**Fuente:** Análisis bromatológico realizado en el Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa, S.C.

Los valores promedios arrojados por el análisis bromatológico (tabla 6) son los siguientes: humedad 74.600 ± 0.764 y 73.800 ± 0.764. De acuerdo a los resultados que se observan, se compararon con lo citado por Pérez (63), las pechugas de pollo tienen un valor de humedad alto, afirmando que las aves jóvenes tienen mayor contenido de agua, menos grasa y menos sabor que las aves maduras. En cenizas el valor promedio obtenido es de 1.30 ± 0.632 y 1.36 ± 0.632.

En proteínas las medias son 23.500 ± 0.755 y 23.700 ± 0.755, en comparación con lo citado por Pérez, que indica que el pavo y el pollo tienen relativamente alto contenido proteínico (18 – 20%), en cambio el valor arrojado es reflejo de la formulación de harina de lombriz, que se le proporcionó a la población testigo como alimento, durante los días de



experimentación, debido a que está contiene entre un 60-82% de proteína animal, lo cual incrementa el valor nutricional, al ser ingerida (56).

El contenido de grasas, carbohidratos y contenido energético de las muestras de pechuga de pollos testigo y de la población experimental son los siguientes:  $0.1200 \pm 0.7071$  y  $0.3400 \pm 0.7071$ ,  $0.400 \pm 0.2098$  y  $0.8600 \pm 0.2449$ ,  $95.86 \pm 3.26$  y  $101.82 \pm 3.26$ . El contenido de grasa varían según: el tipo de ave, la edad del ave desde menos del 5% en pollos jóvenes, hasta cerca de 25% en las gallinas maduras y parte del ave, la pechuga (carne blanca) es baja en grasa (1-2%), mientras que la pierna y el muslo (carne oscura) tienen mayor cantidad de grasa (4-5%). La grasa contiene alto porcentaje de ácidos grasos insaturados y bajo contenido de colesterol.

En la tabla 7, se muestra el valor de  $F_0$ , de los resultados del análisis estadístico aplicado entre la población experimental y la población testigo, planteado a través de dos hipótesis donde se compara la existencia de diferencias significativas;  $H_0 = \mu_1 = \mu_2$  no existe diferencia y  $H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$  existe diferencia significativa entre población testigo y población experimental.

Tabla 7. Comparación de Análisis de Varianza de población experimental y población testigo

Población Testigo		Población Experimental		F <sub>0</sub>
<b>Humedad (%)</b>	74.600 ± 0.764	<b>Humedad (%)</b>	73.800 ± 0.764	2.88
<b>Cenizas (%)</b>	1.30 ± 0.632	<b>Cenizas (%)</b>	1.36 ± 0.632	2.25
<b>Proteínas (%)</b>	23.500 ± 0.755	<b>Proteínas (%)</b>	23.700 ± 0.755	0.18
<b>Grasas (%)</b>	0.1200 ± 0.7071	<b>Grasas (%)</b>	0.3400 ± 0.7071	24.20
<b>Carbohidratos (%)</b>	0.400 ± 0.2098	<b>Carbohidratos (%)</b>	0.8600 ± 0.2449	12.02
<b>Contenido energético (Kcal/100g)</b>	95.86 ± 3.26	<b>Contenido energético (Kcal/100g)</b>	101.82 ± 3.26	8.35

**Fuente:** Análisis bromatológico realizado en el Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa, S.C

El valor crítico de F contra el cual se realiza la comparación es de 5.32 (Canavos, G.1992). Obteniendo el ANOVA con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , los resultados que se observan en la tabla 7, estos valores para la humedad, cenizas y proteínas son menor que el valor crítico calculado, por lo tanto se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula; y se determina que no existe diferencia significativa entre la población testigo y la población experimental. En los resultados de grasa, carbohidratos y contenido en energético el valor de F<sub>0</sub> es mayor, que el valor crítico, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula, y se concluye que si existe diferencia significativa del contenido de grasa, carbohidratos y contenido energético entre la población testigo y la población experimental. En la tabla 8 se muestra el análisis toxicológico de muslo de la población experimental y la población testigo, para detectar el contenido de metales pesados en éstas partes del ave de corral.

Tabla 8. Comparación de resultados de análisis toxicológico en muslo de población testigo y población experimental.

cmol/Kg	Población Testigo	Población Experimental	NOCh	F <sub>0</sub>
<b>Fierro (Fe)</b>	16.68 ± 22.81	61.87 ± 22.81	-	9.82
<b>Cobre (Cu)</b>	n.d.	n.d.	1500	n.d.
<b>Níquel (Ni)</b>	1.4160 ± 0.782	0.7020 ± 0.782	200	2.07
<b>Plomo (Pb)</b>	2.8980 ± 0.4252	2.9780 ± 0.4252	800	0.09
<b>Zinc (Zn)</b>	29.852 ± 4.845	44.912 ± 4.845	3000	25.03
<b>Cromo (Cr)</b>	0.6900 ± 0.6158	0.6600 ± 0.6158	1000	0.01

Noch2880Of2004, Norma Chilena Oficial: Compost, requisitos y especificaciones.

n.d. = no detectado. Fuente: M. López, 2011.

Se compararon los valores arrojados de metales pesados, con la Norma Chilena Oficial, observándose que las medias de los valores del muslo de ambas poblaciones para los siguientes metales como: fierro, cobre, níquel, plomo, zinc y cromo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, muy por debajo de las cantidades establecidas por la Norma.

La presencia de metales, puede ser ocasionada por los tratamientos con los que manejan los residuos sólidos orgánicos, que fungen como materia prima; también se adquieren a través del espacio experimental (suelo), en donde se desarrollan las aves de corral, por la presencia de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, restos metálicos.

Determinando que los muslos analizados de ambas poblaciones no presentan valores significativos de metales pesados, que puedan ser tóxicos al ser ingeridos.

Los muslos del ave fueron analizados estadísticamente (ANOVA), para determinar, si existe diferencia significativa de metales pesados entre la población testigo y la población experimental.

En la tabla 8 se muestra el valor de  $F_0$ , arrojado por el ANOVA, y a través del planteamiento de las hipótesis ( $H_0$  y  $H_1$ ) para cada uno de los elementos presentes (Fe, Cu, Ni, Pb, Zn y Pb), se observa que en los metales Cu, Ni, Pb, y Cr  $F_{\infty 5.35} > F_0$ , por lo tanto se desecha la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, y se determina que no existe diferencia significativa en la concentración de metales pesados entre la población testigo y la población experimental.

Cabe mencionar que en los metales Fe y Zn  $F_{\infty 5.35} < F_0$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, y se determina que si existe diferencia significativa entre población testigo y población experimental.

El otro segmento analizado en el espécimen de estudio es la pechuga, mostrando en la tabla 9, el análisis toxicológico practicado en cada caso a la población en estudio, para detectar el contenido de metales pesados en esta parte del ave de corral.

Tabla 9. Comparación de resultados de análisis toxicológico en pechuga de población testigo y población experimental.

cmol/Kg	Población Testigo	Población Experimental	NOCh	F <sub>0</sub>
<b>Fierro (Fe)</b>	15.856 ± 3.435	12.84 ± 3.435	-	1.93
<b>Cobre (Cu)</b>	n.d.	n.d.	1500	n.d.
<b>Níquel (Ni)</b>	1.6800 ± 0.3965	1.6610 ± 0.3965	200	0.01
<b>Plomo (Pb)</b>	2.6620 ± 0.4299	3.1140 ± 0.4299	800	2.76
<b>Zinc (Zn)</b>	27.772 ± 2.997	27.060 ± 2.997	3000	0.14
<b>Cromo (Cr)</b>	0.2500 ± 0.1978	0.2200 ± 0.1978	1000	0.06

Noch2880Of2004, Norma Chilena Oficial: Compost, requisitos y especificaciones.

n.d. = no detectado. Fuente: M. López, 2011

En la tabla 9 muestra los valores arrojados del análisis toxicológico, los cuales fueron comparados con la Norma Chilena, observando que las pechugas de la población testigo y la población experimental, están dentro de los límites máximos permisibles que la norma rige; por lo tanto, las pechugas pueden ser utilizadas, con la seguridad que no causará daño al consumidor. A estos datos también se les realizaron análisis estadísticos determinando que si existe diferencia significativa de metales pesados entre la población testigo y la población experimental.

Con respecto a los resultados del análisis de varianza del muslo y pechuga, se observa que presenta mayores cantidades de fierro, níquel, plomo, y zinc, la parte del muslo, y el cromo esta presente en mayor cantidad en la pechuga.

Cabe mencionar que cada especie posee diferentes intervalos de susceptibilidad, además de que no todos los metales son igualmente tóxicos. Bergqvist *et al.* (9) establecieron una escala decreciente de susceptibilidad tóxica en animales de granja, que va de ovinos > bovinos > equinos > cerdos > aves. Los ovinos, por ejemplo, son altamente sensibles al Cu, aunque ingieran dosis moderadas; paradójicamente, en los cerdos actúa como factor de crecimiento cuando se les administran dosis de entre 150 y 250 ppm (54).

## Conclusión

La harina obtenida de las lombrices composteadoras de RSO puede ser utilizada para la alimentación de especímenes de engorda. Debido a que fue aceptada por los pollos (*Cornish*) y cuenta con óptima calidad bromatológica, fisicoquímica, toxicológica y microbiológica.

Los resultados del análisis fisicoquímico, realizado a la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) mostraron que se encuentran, con las características óptimas de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, cenizas, carbono, nitrógeno, relación C/N, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> y fósforo total; para su utilización como alimento en pollos.

Los resultados arrojados por el análisis toxicológico realizado a la harina de lombriz, se encuentra de los límites máximos permisibles, establecido por las normas nacionales e internacionales vigentes. La muestra de harina de lombriz, analizada microbiológicamente garantiza inocuidad alimentaria, debido a que no presenta microorganismos patógenos, y en donde existe ausencia de *Escherichia coli sp.*, *Salmonella sp.* y *Clostridium sp.*

Al proporcionar la formulación a base de harina de lombriz y harina de soya, la población experimental, presentó diferencia significativa de peso y altura, al ser comparada con la población testigo. Determinando dicha diferencia, mediante un análisis de varianza, con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . El uso de esta harina permitió el incremento en peso y altura

de la población experimental, por lo que es factible su utilización como fuente de alimentación para la obtención de especímenes que presenten mayor rendimiento en su porción comestible, como ha sido estudiado por otros autores la investigación realizada permite el estudio de la factibilidad del uso de alimentación alternativa en especie de engorda para consumo humano.

Los valores obtenidos por el análisis bromatológico, fueron comparados con los resultados de diferentes autores, y se determina que las características que presentan son adecuadas. Se realizó una análisis de varianza con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ , demostrando que existe diferencia significativa de grasa, carbohidratos y contenido energético, teniendo mayor contenido la población experimental.

Los resultados del análisis toxicológico de muslo y pechuga, determinan que existe presencia de metales, los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, muy por debajo de las cantidades establecidas por la normativa nacional e internacional vigente.

Se observa mediante el análisis de varianza, que se realizó al muslo y pechuga, que la parte comestible del muslo absorbe mayor concentración de metales (Fe, Ni, Pb y Zn), a comparación de la pechuga, la cual presenta menores cantidades.

Lo anterior abre una enorme posibilidad para continuar la investigación de este tipo de alimentación en donde de la utilización de residuos sólidos orgánicos, que de manera cotidiana la población genera, y permita en cierta medida una solución al problema de crisis alimentaria mundial

## Reconocimiento

El presente estudio forma parte del proyecto “Tecnificación del procesamiento de los residuos sólidos municipales bajo esquemas alternativos sustentables, en una planta piloto experimental”, con clave 116916 aprobado al Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, en colaboración con el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ, A.C.) y el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), dentro de la convocatoria I0014-2009-01, FORDECyT (Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT.

## Bibliografía

1. **Aguilar Fernández, Susana.** (1997). El reto del medio ambiente: Conflictos e intereses en la Política. Madrid: Alianza Editorial.
2. **Aguilar Co A.** (2011). Diseño de metodología para la cosecha de *Eisenia foetida* a partir de su comportamiento biológico para su utilización en la alimentación animal. *Residencias Profesionales*. Xalapa.
3. **Aguilar, Co. A.** (3 de Febrero de 2012). Manual de Calibración del Equipo Vernier. *Manual de Calibración del Equipo Vernier*. Xalapa, Veracruz, México.
4. **Atiyeh R.M., Edwards C.A., Subler S., Metzger J.D.** (2001). Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plants growth. *Biores. Technol.*78: 11-20.
5. **Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards & J. D. Metzger.** (2002a). The influence of earthwormprocessed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology.*81: 103-108.
6. **Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon & J. D. Metzger.** (2002b). The influence of humic acids derived from organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology.* 84: 7-14.
7. **Barbado, José Luis.** (2004). Cría de Aves. - 1ª edición- 1ª reimp. - Buenos Aires: Albatros, 2004. 192 p.
8. **Barradas Rebolledo Alejandro.** (2009). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, minimización de residuos, reciclaje, compostaje, incineración, disposición final de residuos sólidos, planificación de la gestión integral de residuos sólidos.



9. **Bergqvist, E., Parada, R., & Palavicion, I.** (1991). Ingestión crítica de metales pesados en diversas especies de animales. *Agricultura Técnica*, 370-373.
10. **Bouché, M. B.** (1977). Strategies lombriciennes. Pp. 122-132. *In: U. Lohm and T. Persson (Eds.). Soil organisms as components of ecosystems.* Ecological Bulletins, vol. 25, Stockholm.
11. **British Columbia Regulations.** (1993). REGLAMENTO PARA LA PRODUCCION Y USO DE COMPOSTA. LEY DE GESTIÓN DE RESIDUOS. B.C. Reg. 334/93. O.C. 1295/93. Depositado en Septiembre 30 de 1993 (efectivo en Enero 1 de 1994) (Incluye correcciones posteriores a B.C. Reg. 340/93).
12. **Campitelli, P. and Ceppi, S.** (2008b). Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 90: 64 - 71.
13. **Campitelli, P. and Ceppi, S.,** (2008a). Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. *Geoderma* 144: 325-333.
14. **Canavos, G.** (1992). *Estadística y Probabilidad.* México: McGraw Hill.
15. **Capistrán, F., E. Aranda, and J.C. Romero.** (1999). Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. 3ª Edición. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver. México. 151 p.
16. **Castillo, A. E., Quarín, S. H., Iglesias, M. C,** (2000). *Vermicompost chemical and physical characterization from raw and mixed organic wastes.* *Agricultura Técnica* 60: 74-79.
17. **Chaudhuri, P.S., Pal, T.K., Bhattacharjee, G., Dey, S.K.** (2000). Chemical changes vermicomposting (*Periony excavatus*) of kitchen waste. *Tropical Ecology.* 41:107-110.
18. **Cova, J. A., Medina, A. L., Pierina, P., Bastardo, H., Bianchi, G., Rondon, M., y otros.** (2008). Efecto de Diet Suplemented by Earthworm Flour (*E. andrei*) on Growth and Hepatic Parameters in Mice. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas,* 73-84.
19. **De Fraja, F. E. y Vismara, R.** (1996). THE FUTURE OF COMPOSTING IN ITALY. The ISWA Yearbook 1996/7. ISWA. Copenhagen, Denmark.
20. **Delgado M.M, Porcel M.A., Miralles R., Beltrán E., Beringola L. y Martín J.V.,**(2004). Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. *Rev. Inter. Contam. Amb.* 20: 83-86.
21. **Delgado, S.; Amarante, P.; Mariana Hill, m.; Salvo, I.; Clérico, C.; García Préchac, f. & Hernández, J.** (2004). Efecto de la intensidad de laboreo sobre la implantación y crecimiento de *Eucalyptus grandis*. *In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (19o., Paraná, Entre Ríos). II Simposio Nacional sobre suelos vertisolicos. Entre Rios, Universidad Nacional de Entre Rios.* pp. 306.

22. **Diario Oficial Español.** (1998). Boletín Oficial del Estado-131 2008 Que establece las especificaciones requeridas para el compost producido en España.
23. **Diario Oficial.** (1993). NOM-052-SEMARNAT-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. *Norma Mexicana.*
24. **Diario Oficial.** (1993). NOM-CCA/032-ECOL/1993. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola. *Norma Mexicana.*
25. **Diario Oficial.** (2000). NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. *Norma Mexicana*
26. **Diario Oficial.** (2007). NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (Lombricomposta), Especificaciones y Métodos de Prueba. *Norma Mexicana.*
27. **Domínguez, J. & C. A. Edwards.** (1997). Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biology & Biochemistry.* 29:743-746.
28. **Domínguez, J.** (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research. Pp. 401-424. In: C. A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*, 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton.
29. **Domínguez, J.** (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research. Pp. 401-424. In: C. A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*, 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton.
30. **Edwards, C. (2010).** Introduction, history and potential of vermicomposting technology. En C. A. Edwards, N. Q. Arancon, & R. Sherman (Edits.), *Vermiculture Technology* (págs. 1-10).
31. **Edwards, C.** (2010). Low technology vermicomposting systems. En C. A. Edwards, N.Q. Arancon, & R. Sherman (Edits.), *Vermiculture Technology* (págs. 79-90).
32. **Edwards, C. A. & P. J. Bohlen.** (1996). *Biology and ecology of earthworms.* Chapman and Hall, London.
33. **Edwards, C. A.** (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. Pp. 21-31. In: C. A. Edwards and E. F. Neuhauser (Eds.). *Earthworms in waste and environmental management.* SPB, The Hague.
34. **Edwards, C. A., Arancon, N. Q.** (2010). Effects of vermicomposts and Aqueous Extracts from Vermicompost. *9th International Symposium on Earthworm Ecology.* Xalapa, Mexico: 265.

35. **Edwards, C. A., Subler, S., & Arancon, N.** (2010). Quality criteria for vermicomposts. En C. A. Edwards, N. Q. Arancon, & R. Sherman (Edits.), *Vermiculture Technology*(págs. 288-301).
36. **Edwards, C., & Bohlen, P.** (1997). *Biology and ecology of earthworms*.
37. **Edwards, C., & Niederer, A.** (2010). The production of earthworm protein for animal feed from organic wastes. En C. A. Edwards, N. Q. Arancon, & R. Sherman (Edits.), *Vermiculture Tecnology* (págs. 323-334).
38. **Francesch Vidal, A.** (2006). Gallinas de Raza. Ed. Arte Avícola. 2 Edición Valls (Tarragona).
39. **García, I., Medina R.** (2012). Informe Técnico- Producción intensiva de lombriz y su inserción en el ciclo sustentable del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. México.
40. **García, I., Medina R., Amores, H., Olivares, G.** (2010). Informe Técnico- Estudio de Mercado para la producción de harina de *Esenia Foetida*. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. México.
41. **García, I., Ralero, M., Barois, I. y Alarcón, E.** (2009). Informe Técnico-Sistema de Control de variables de la Planta Tipo de Aprovechamiento de Residuos Sólidos Municipales. Instituto Tecnológico Superior de Xalapa. México.
42. **García-Pérez, Rafael E.** (2006). La lombriz de tierra como una biotecnología en agricultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 177 págs.
43. **Garg, P.; Gupta, A.; Satya, S.,** (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Tech.*, 97, 391-395.
44. **Graff, O.** (1974). Gewinnung von biomasse aus abfallstoffen durch kultur des kompostregenworms *Eisenia foetida* (Savigny 1826). *Landbauforsh Volkenrode*. 2: 137-142.
45. **Harstein, R., E. F. Neuhauser & D. L. Kaplan.** (1979). Reproductive potential of the earthworm *Eisenia foetida*. *Oecologia*. 43: 329-340.
46. **Herlant-Meewis, H.** (1967). Evolution de l'appareil génital d'*Eisenia foetida* au cours du jeûne, de la régénération postérieure et a la suite de l'ablation de ganglions nerveux. *Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique*. 96: 189-240.
47. **Instituto Nacional de Normalización.** (2004). Compost- clasificación y requerimientos *.Norma chilena oficial NOCh2880.Of2004*. Chile.
48. **Isea F., F., Blé M., C., Medina, A., Aguirre, P., Bianchi P., G., & Kaushik, S.** (2008). Estudio de la digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*E. andrei*), en la alimentación de trucha arcoiris (*Onchorynchus mykiss*). *Revista Chilena de Nutrición*, 1-18.

49. **Isea, F., Medina, A. L., Santiago, B., & Salcedo, D.** (2007). Composición química de materias primas usadas en dietas de trucha arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 161-180.
50. **Iswa.** (1995). STATUS AND TRENDS FOR BIOLOGICAL TREATMENT OF ORGANIC WASTE IN EUROPE. Viena, Austria.
51. **Kaplan, D. L., R. Hartensein, E. F. Neuhauser, & M. R. Malecki.** (1980). Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida*. *Soil Biology & Biochemistry*. 12: 347-352.
52. **Lavelle, P. & A. V. Spain.** (2001). *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston.
53. **Loh, T. H., Lee, Y. C., Liang, J. B., y Tan, D.** "Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. *Bioresource technology*". 2005. 96(1):111-114.
54. **López, Magdalena.** (2011). Inocuidad del humus y harina lombriz, obtenidos de residuos sólidos orgánicos municipales, en Teocelo, Veracruz. *Tesis*. Xalapa.
55. **Lores, M., M. Gómez-Brandón, D. Pérez-Díaz & J. Domínguez.** (2006). Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 2993-2996.
56. **Mendoza, N. E., & Arca, B. M.** (s.f.). Evaluación de métodos para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico en diferentes suelos de Perú.
57. **Michon, J.** (1957). Contribution expérimentale à l'étude de la biologie des Lumbricidae. Les variations pondérales au tours des différentes modalités du développement post embryonnaire. *Annales de Biologie*. 33: 367-376.
58. **Mondragón A.A.** (2005). Índices de toxicidad por metales pesados en suelos irrigados de uso agrícola del valle de Santiago, Guanajuato. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UAEM. México.
59. **Monroy, F., M. Aira & J. Domínguez.** (2008). Changes in density of nematodes, protozoa and total coliforms after transit through the gut of four epigeic earthworms (*Oligochaeta*). *Applied Soil Ecology*. 39: 127-132.
60. **Morón-Fuenmayor, O. E., Diaz, D., Pietrosevoli, S., Barrera, R., Gallardo, N., Peña, J., y otros.** (2008). Efecto de la inclusión de harina de lombriz (*Eisenia spp*), sobre el rendimiento en canal, cortes y calidad fisico-química de la carne de codorníz (*C.japonica*). *Revista Facultad de Agronomía*, 674-685.
61. **Mountney .** (1966). *Poultry Products Technology*. The Avi Publishing Company. Westport, Connecticut.

62. **Ndegwa, P.M., S.A.Thompson.** (2000). Effects of C-to-N Ratio on Vermicomposting of Biosolids. *Bioresource Technology* 75(1): 7-12.
63. **Pérez, A.M.** (2007). Carne de Aves. A.M. Pérez, *La Química en el Arte de Cocinar* (págs. 85 – 92). México: Trillas.
64. **Pineda, José Arnold.** Lombricultura / José Arnold Pineda, Instituto Hondureño del Café.-1a. - ed.- (Tegucigalpa): (Litografía López), (2006) 38: 7 -8.
65. **Porta, C. J., López, A. R. M., Roquero, L.C.** (2003). Edafología: para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. España. 849 págs.
66. **Reinecke, A. J. & S. A. Viljoen.** (1993). Effects of worm density on growth and cocoon production of the African Nightcrawler *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *European Journal of Soil Biology.* 29: 29-34.
67. **Reinecke, A. J. & S. A. Viljoen.** (1993). Effects of worm density on growth and cocoon production of the African Nightcrawler *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta). *European Journal of Soil Biology.* 29: 29-34.
68. **Reynolds, J. W. & M. J. Wetzel.** (2010). *Nomenclatura Oligochaetologica. Supplementum Quartum. A catalogue of names, descriptions and type specimens of the Oligochaeta.* Illinois Natural History Survey Special Publication, Chicago.
69. **Rodríguez Hurtado, E. y Giró i Fontanals, F.,** (1997). LAS ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS. El estado del arte en la gestión de residuos. ATEGRUS, BARCELONA, ESPAÑA.
70. **Rodríguez, M.A., Córdova, A.** (2006). Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. SEMARNAT, INE, GTZ.
71. **Salinas, A. C.** (2001). Evaluación de la calidad protéica en harina de lombriz (*Eisenia andrei*) cultivada en estiércol de caballo, cachaza y pulpa de café. *Tesis Puebla, México.*
72. **Salunke, D.K., J.C. Chavan, R.N. Adule and S.S. Kadam,** (1992). World Oilseeds, Chemistry, Technology and Utilisation. AVI Publishers, New York, pp: 170-173.
73. **Sauri, M. y B.E. Castillo.** (2002): Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Ingeniería* (6-3): 55-60.
74. **Schuldt, M.** (2006). *Lombricultura. Teoría y práctica.* Mundi-Prensa, Madrid.

75. **SEMARNAT.** (2007). *Manual de compostaje municipal* .Tratamiento de residuos sólidos urbanos.
76. **Sharma, S. and Vasudevan, P.** (1999). Utilization of organic waste, through vermicomposting route, for plants growth, Proc. R'99 Congress, Vol. IV, 44-49.
77. **Singh, N.B., Khare, A.H., Bhargava, D.S., Bhattacharya, S.** (2005). Effect of initial substrate pH on vermicomposting using *Perionyx excavatus* (Perrier,1872). Appl. Ecol. Environ. Res. 1: 85-97.
78. **Soto, G., y Muñoz, C.** (2002). Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (65):123-129.
79. **Sun, Z. J.** (2003). *Vermiculture & Vermiprotein*. China: China Agricultural University Press.
80. **Suthar, S.** (2009). Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. Ecol. Engin. 35: 914-920.
81. **Suthar, S.** (2009). Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia Fetida*. J. Hazar. Mater. 163: 199-206.
82. **Suthar, S.** (2009a). Vermistablization of municipal sewage sludge amended with surgarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Journal Hazard Material. 163: 199-206.
83. **Suthar, S.** (2009a). Vermistablization of municipal sewage sludge amended with surgarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Journal Hazard Material. 163: 199-206.
84. **VIELMA RONDÓN R, O. D.** (2003). Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eiseniafoetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA). *Ars Pharmaceutica*, 43-58.
85. **Watanabe, H. & J. Tsukamoto.** (1976). Seasonal change in size, class, and stage structure of lumbricid *Eisenia foetida* population in a field compost, and its practical application as the decomposer of organic waste matter. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*. 13: 141-146.

86. **Yagi R., M.E. Ferreira, M.C. Pessôa da Cruz & J.C. Barbosa** (2003). Organic matter fractions and soil fertility, vermicompost and cattle manure. *Scientia Agricola*. 60 (3): 549-557.